

综合实验题目一

1. 救护车—医院系统资源计划和调度问题

救护车系统是关系到人民生命健康的重要紧急医疗系统。目前我国大型城市（例如上海）的救护车分布在各个车站。具体服务流程简述如下。患者电话 120 呼叫中心，120 中心收到电话，向一个车站的服务指令后，此车站的车辆前往呼叫地点（病人所在地，例如家中、事故现场），接上患者并送往医院的急诊抢救科室。患者在急诊抢救室被医疗服务后，转入住院或者继续其他医疗流程。

这个过程中，患者的打 120 电话呼叫是随机事件，即呼叫事件呈现“泊松流”现象。同样，救护车出发到患者处，送到医院的路程所花时间也是随机的。在医院患者接收治疗时间也是随机的。本题目中可以认为路程所花时间、治疗时间近似为指数分布。

对于 120 中心而言，一个重要指标是对患者的响应时间。一个目前 120 遇到的难点在于救护车在医院急诊“排队”而占用救护车资源，这是由于医院急诊床位有限，不能保证救护车到达后立即可以被服务，因此出现救护车排队现象，救护车排队将对医院急诊部日常运营带来负面影响。仅仅增加车站救护车数量来保证对患者的响应速度并不能解决救护车在医院急诊部排队的问题，反而使得整个急诊医疗系统资源的局部闲置浪费与拥堵。



图 1 上海某医院急诊部救护车排队等待 1



图 2 上海某医院急诊部救护车排队等待 2



图 3 上海某医院急诊部抢救室

从医院的角度来看，其急诊主体接收两类患者，一类是救护车送到的患者，一类是自行前来的患者。一般前者具有一定的优先级，即一旦一个抢救床位空闲则优先安排前者。但是如果后者已经在床位上接受医疗服务，则不能被前者抢断而中断治疗。接受完医院抢救的病人离开急诊医疗系统。

图 4 给出了一个描述上述急诊医疗系统中病人到达与运输流程的图形模型。
图 4 中：

$\lambda_{a,i}$ 表示车站 i 救护车病人达到速率（这是 120 中心分配过来的任务）

$\lambda_{w,j}$ 表示医院 j 自行到达急诊病人的到达速率

$\mu_{i,j}$ 表示车站 i 送往医院 j 的运输速率

$p_{i,j}$ 表示车站 i 的救护车将病人送往医院 j 的概率(长期观察下患者运送比例)

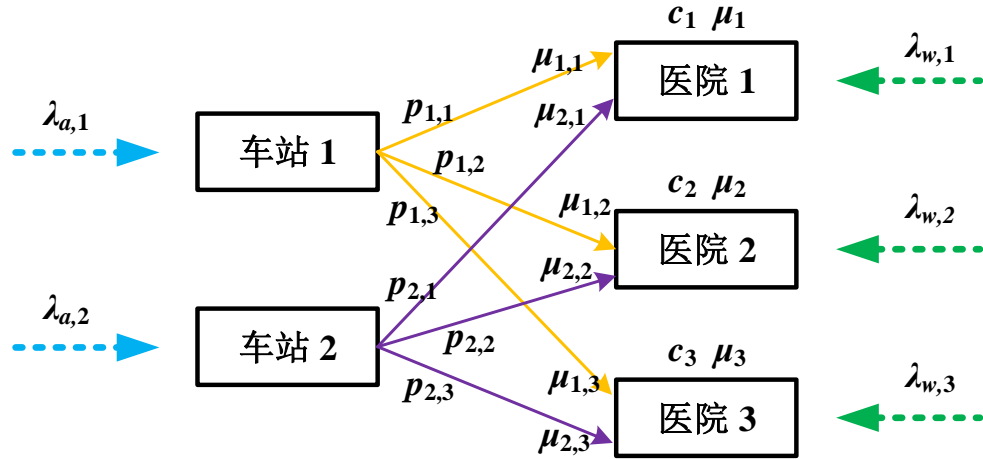


图 4. 一个 2 车站、3 医院的急诊医疗系统病人到达运输流

对于 $p_{i,j}$ 的理解，可以认为每个救护车病人具体送到那个医院受到众多因素影响，但是从长期时间来看每个车站的救护车将病人送到每个医院的比例可以被统计观测出。 $p_{i,j}$ 正是这个长期运送比例，而在短期则以运送概率的形式体现。具体而言，假设在第二季度统计发现车站 1 将**总数的一半**的病人送往医院 1，那么近似认为第二季度期间每一个由车站 1 派出救护车急救的病人都以 **0.5** 的概率被送到医院 1。这种基于患者长期运送比例的救护车调度策略对于 120 中心来说简单易实施，设置合理的比例值能够平衡各个医院的工作负荷，减少救护车排队的现象，实现救护车总排队队长、自行到达患者队长的有效控制。

本题目考虑一个由 4 个救护车车站、5 个医院组成的系统。主要解决下面两个实际而重要的问题。

1、优化每个车站到每个医院的“患者运送比例”。这是从“120 中心”的角度来解决此问题，即 120 中心对每个车站设定一个指导性的比例。注意：求解此子问题时，假设各医院病床数目已经确定，设定为 excel 中的“初始床位数”。

2、基于第 1 个问题的最优“患者运送比例”，为各个医院配置合适的病床数量。即假定卫生局在这几个医院共计有 100 张病床的预算，需要把这些床位全部

分配给 5 给医院，设计一个分配方案确定每个医院的床位数目，使得目标值尽量最小化。

两个问题的优化目标均为：最小化系统（全部医院）的患者总队长。其中每个医院的患者队长计算方式为：

$a \times \text{救护车队长} + \text{自行患者队长}$ 。其中 a 为参数，设定为 3。

要求：

- 1、给出必要的假设，建立问题的数学解析模型。
- 2、借助求解工具或自行设计算法，求解该数学模型，得到问题的解。
- 3、建立此系统的仿真模型。并且评估并分析得到解的性能，性能包括每个医院排队的救护车数目、自行到达患者数目（也可以加上其他指标）。

全部所需数据见 excel 文件。